

302/7
302/9
803/1D

SITING STRUCTURES IN
POST-DISASTER RECONSTRUCTION;
EARTHQUAKE DISASTER RECONSTRUCTION

Loren A. Raymond
INTERTECT
Box 10502
Dallas, Texas USA
and
Department of Geology
Appalachian State University
Boone, N.C. 28608

ABSTRACT

Earthquake disasters leave a country or region with disrupted communications and food supply lines and damaged water supplies, roads, bridges, dwellings, and other structures. The need for rapid engineering and reconstruction efforts is great. The geological effects of earthquakes include ruptured ground (along fault traces), landslides, earth lurches, liquifaction and settling of soils, and floods. These factors should be considered as much as is possible in the short time periods available for site evaluations carried out for the purpose of reconstruction.

INTRODUCTION

When a disaster strikes a country or region, immediate action is required to alleviate the pain and suffering of the victims. Earthquake disasters are no exception. Earthquakes, unlike some natural phenomena, have only subtle precursory indicators--events that generally go unnoticed. Nevertheless, earthquakes leave widespread death and destruction.

The need for rapid response to the earthquake disaster extends beyond the need for immediate medical and nutritional assistance. Reconstruction after large earthquakes takes years. In this paper, I emphasize the need for rapid response by engineers, geologists, and governmental agencies.

Post-earthquake reconstruction efforts can reduce future death and destruction, if proper earthquake damage resistant design is employed in the reconstruction and, if structures are properly sited on safe lots.

GEOLOGICAL EFFECTS OF EARTHQUAKES

The numerous geological effects of earthquakes have been reviewed by many authors (e.g. Bolt and others, 1975; Hansen, 1965; Plafker and others, 1971; Lawson and others, 1908). Among the most important effects are ground rupture, landslide, earth lurch, liquifaction and settling of soil, and flooding.

Ground ruptures result from several causes. First, surface faulting may produce a series of discontinuous cracks (Plafker and others, 1976). The surface may be offset along such cracks in both vertical and horizontal directions. Such offsets may range from a few centimeters to several meters. Ground rupture also occurs in cases of lurching and landsliding. Some of the most spectacular cracks developed by the 1976 Guatemalan earthquake were developed at the heads of landslides, where cracks more than a meter across and several meters deep, with vertical offsets of several meters, created a greatly disrupted terrain.

Landslides develop where slopes are oversteepened, either for natural or artificial reasons. Where streams undercut slopes, especially where minor faults and joints are present in the bedrock, the landslide potential is significant. Road construction, home and building construction, and other human activities may also result in undercut slopes. Both natural and human activities led to landslides in the 1970 Peruvian earthquake and the 1976 Guatemalan earthquake (Plafker and others 1971; Plafker and others, 1976).

Weak soils and alluvial deposits especially those saturated with water as a result of heavy rains or a shallow water table, may give way to produce landslides on steeper slopes or they may liquify in flat-lying areas. In addition, loose materials may be consolidated by shaking during an earthquake and settle.

Floods may develop both upstream and downstream from landslide dammed rivers and streams. The upstream floods are local and result from the lake which forms behind the dam. The downstream floods may be catastrophic and widespread, if a weak, landslide dam collapses releasing the water trapped in the lake. In addition, debris added to streams by landslides can lead to increased sedimentation and related problems during flooding.

FACTORS TO CONSIDER IN POST-EARTHQUAKE STRUCTURE SITING

During normal times, structure siting in seismically active areas should be carried out carefully by geologists and engineers familiar with the geological and structural effects of earthquakes. However, in the post-earthquake situation, even when professionals are available, time is a critical factor in site selection. People want and need to rebuild their homes and businesses. Thus, rapid action by government officials, geologists, and engineers is needed.

As a result of the time factor, site selection is often carried out without adequate geological or engineering data. Geologic maps may not be available and time is too short to conduct soil surveys. As a result, the site selector may avoid obvious flaws in sites selected, but minor factors, and occasionally major factors, may be overlooked.

With these limitations in mind, a program of rapid site selection may be carried out in large parts of the affected area. Sites with

obvious, major geological flaws will be avoided in the reconstruction. Weaknesses in soils are more difficult to detect, but areas with thick, saturated, or obviously weak soils may also be avoided. The net result will be that, although some sites selected will be poor, large numbers of poor sites will be eliminated, resulting in a reduction of deaths and damage during the next major earthquake.

Obvious areas with geological flaws to be avoided in building sites include the following.

1. Zones of ruptured or cracked ground.
2. Traces of known faults (from geologic maps).
3. Zones of broken rock.
4. Sites near steep slopes or cliffs.
5. Zones with evidences of landslides.
6. Sites with very soft or wet soils.
7. Narrow valleys where flooding might occur.

CONCLUSION

The ability of the geologist, engineer, or paraprofessional to select good building sites will depend on his ability to recognize major defects in a site in a short period of time. In post-disaster reconstruction, the critical element time governs the quality of the evaluation. Nevertheless, site selection, coupled with good design and construction will lead to significant reduction in deaths, property loss, and human suffering.

REFERENCES CITED

Bolt, B.A., Horn, W.L., MacDonald, G.A., and Scott, R.F., 1975, Geological hazards; Springer-Verlag, New York, 328 p.

Hansen, W.R., 1965, Effects of the earthquake of March 27, 1964 at Anchorage, Alaska: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 542-A, 68p.

Plafker, G., Bonilla, M.G., and Bonis, S.B., 1976, Geologic effects: in The Guatemalan earthquake of February 4, 1976, A preliminary report: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 1002, p. 38-51.

Lawson, A.C., 1908, The California earthquake of April 18, 1906: Report of the State Earthquake Investigation Commission: Carnegie Inst. Wash., v. 1, 451 p.

302/7
30219

ESTRUCTURAS DEL SITIO EN LA
RECONSTRUCCION DESPUES DE DESASTRES
RECONSTRUCCION DE DESASTRES DE TERREMOTOS

Loren A. Raymond
INTERTECT
Box 10502
Dallas, Texas, USA
y
Departamento de Geología
Universidad de Appalachian
Boone, N.C. 28608, USA.

RESUMEN

Los desastres que provoca un terremoto dejan a una ciudad o región sin comunicación y sin medios de distribución de alimentos y daños en las fuentes de agua, caminos, puentes, viviendas y otras estructuras. Hay una gran necesidad de un esfuerzo rápido en ingeniería y reconstrucción. Los efectos geológicos de un terremoto incluyen grietas en el suelo, derrumbes, "lurches" en la tierra, liquefacción y asentamiento de los suelos e inundaciones. Estos factores deben ser considerados, tan pronto como sea posible, para hacer las evaluaciones del sitio necesarias para llevar a cabo la reconstrucción.

INTRODUCCION

Cuando un desastre golpea a una ciudad o región, se requiere acción inmediata para aliviar el dolor y sufrimiento de las víctimas. Los desastres de un terremoto no son una excepción. Los terremotos, al contrario de otros fenómenos naturales, sólo tienen indicadores precursores difíciles de notar--eventos que generalmente ocurren sin que las personas se den cuenta. Sin embargo, los terremotos dejan muertes y destrucción esparcidas.

La necesidad de una rápida respuesta para los desastres de un terremoto se extiende mas allá de la necesidad inmediata de asistencia médica y nutricional. Después de haber ocurrido un fuerte terremoto, la reconstrucción se lleva muchos años. En este informe, quiero enfatizar la necesidad de una rápida respuesta recibida por ingenieros, geólogos y agencias del gobierno. El esfuerzo de reconstrucción después de un terremoto puede reducir futuras muertes y destrucción durante otro terremoto si se emplean técnicas apropiadas resistentes a terremotos en la reconstrucción y si las nuevas estructuras están adecuadamente colocadas sobre buen terreno.

EFFECTOS GEOLOGICOS DE LOS TERREMOTOS

Los numerosos efectos geológicos de los terremotos han sido revisados por varios autores (por ejemplo: Bolt y otros, 1975; Hansen en 1965; Plakfer y otros, 1971; Lawson y otros, 1908). Entre los efectos más importantes están las grietas y aberturas del suelo, derrumbes, "lurches" de la tierra, liquefacción y asentamiento del suelo e inundaciones.

Las grietas o aberturas del suelo resultan por varias causas. Primero, fallas de poca profundidad pueden producir una serie de grietas discontinuas (Plakfer y otros en 1976). La superficie puede ser movida a lo largo de dichas grietas tanto en dirección vertical como horizontal. Tales movimientos de tierra pueden extenderse desde unos cuantos centímetros a varios metros. Las aberturas del suelo también ocurren en casos de "lurching" o derrumbes. Algunas de las grietas mas espectaculares que se abrieron durante el terremoto de 1976 de Guatemala, se abrieron en la cima de los derrumbes donde se encontraban las grietas que tenían más de un metro de ancho y varios metros de profundidad con desniveles en el tope, las cuales crearon un gran rompimiento de terrenos.

Los derrumbes se forman donde las laderas son demasiado pendientes debido a razones naturales o artificiales. En donde las corrientes de algún río socavan las laderas, especialmente en donde pequeñas fallas y uniones están presentes en el lecho de roca, el potencial de los

derrumbes es significativo. La construcción de caminos, construcción de viviendas y edificios y otras actividades humanas también pueden resultar derrumbes en laderas demasiado pendientes. Ambas actividades, naturales y humanas causaron derrumbes en el terremoto del Perú en 1970 y en el de Guatemala en 1976. (Plakfer y otros, 1971; Plakfer y otros, 1976).

Suelos poco resistentes y depósitos aluviales, especialmente aquellos saturados con agua como un resultado de fuertes lluvias o cuando el nivel del agua está cerca de la superficie pueden caerse produciendo derrumbes en laderas muy empinadas o pueden licuificarse en áreas planas. Además, materiales flojos pueden consolidarse o asentarse durante un terremoto.

Inundaciones pueden desarrollarse ya sea arriba o abajo de un derrumbe que detenga un río. Las inundaciones de arriba de un derrumbe son provocadas por el lago que se forma atrás de la presa. Las inundaciones del lado de abajo del derrumbe pueden ser catastróficas y dispersas, si la presa es de tipo *as devil*, el estancamiento del derrumbe se hunde soltando el agua atrapada en el lago. Además, escombros añadidos a las corrientes debido a derrumbes pueden dejar que aumente la sedimentación y los problemas relacionados con la inundación.

FACTORES QUE DEBEN CONSIDERARSE DESPUES DE UN TERREMOTO PARA DECIDIR DONDE COLOCAR LAS ESTRUCTURAS

Durante tiempos normales, la ubicación de las estructuras en áreas propensas a terremotos deben ser llevadas a cabo cuidadosamente por geólogos e ingenieros que estén familiarizados con los efectos estructurales y geológicos de los terremotos. Sin embargo, en la situación post-terremoto, aún cuando se tiene disponible la ayuda de profesionales, el tiempo es un factor crítico al seleccionar el sitio. La gente quiere y necesita reconstruir sus hogares y negocios. Entonces, una rápida acción de parte del gobierno, geólogos e ingenieros es necesaria.

Como un resultado del factor tiempo, la selección del sitio es generalmente llevada a cabo sin contar con datos geológicos y de ingeniería adecuados. Los mapas geológicos pueden no estar disponibles y el tiempo es demasiado corto para llevar a cabo un reconocimiento de los suelos. Como un resultado, la persona que escoge el sitio puede evitar problemas geológicos obvios en el sitio seleccionado, pero los factores menores y ocasionalmente los factores mayores, pueden ser pasados por alto.

Con estas limitaciones en mente, un programa de selección rápida del sitio puede ser llevada a cabo en la mayor parte del área afectada. Sitios con problemas geológicos obvios serán evitados en la reconstrucción. Los debilitamientos del suelo son más difíciles de detectar, pero las áreas con suelos profundos saturados u obviamente debiles también pueden evitarse. El resultado neto será que, aunque algunos sitios seleccionados serían pobres, el gran número de sitios pobres serían eliminados, teniendo como resultado una reducción de muertes y daños durante el siguiente terremoto.

Areas con problemas geológicos obvios que deben ser evitados en los sitios de construcción incluyen lo siguiente:

1. Zonas de ruptura o aberturas del suelo
2. Trazos de fallas conocidas (de mapas geológicos)
3. Zonas donde hayan rocas quebradas
4. Sitios cerca de laderas inclinadas o acantilados
5. Zonas con evidencias de derrumbes
6. Sitios con suelos profundos o húmedos
7. Valles angostos donde puedan ocurrir inundaciones

CONCLUSION

La habilidad de el geólogo, ingeniero o para-profesional en escoger buenos sitios para construir dependerá de su habilidad para reconocer defectos mayores en un sitio en un tiempo limitado. En la reconstrucción después de desastres, el elemento crítico es el tiempo, que es el que gobierna la calidad de la evaluación. Sin embargo, la selección del sitio, junto con un buen diseño y construcción puede ayudar a que se logre una reducción significativa en muertes, propiedades perdidas y sufrimiento humano.

REFERENCES CITED

- Bolt, B.A., Horn, W.L., MacDonald, G.A., and Scott, R.F., 1975, Geological hazards: Springer-Verlag, New York, 328 p.
- Hansen, W.R., 1965, Effects of the earthquake of March 27, 1964 at Anchorage, Alaska: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 542-A, 68p.
- Plafker, G., Bonilla, M.G., and Bonis, S.B., 1976, Geologic effects: in The Guatemalan earthquake of February 4, 1976, A preliminary report: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 1002, p. 38-51.
- Lawson, A.C., 1908, The California earthquake of April 18, 1906: Report of the State Earthquake Investigation Commission: Carnegie Inst. Wash., v. 1, 451 p.